



使用 FA 产品构建系统时的 EMC 设计指南

【系统控制柜设计时的降噪对策指南】

三菱电机株式会社

制作：2017 年 1 月 30 日

目录

1. 安全相关警告/注意事项
 2. 前言
 3. EMC 及其规定
 4. 噪声种类和传播途径
 - 4.1 噪声的种类
 - 4.2 噪声传播途径
 - 4.3 EMC 基本对策
 5. 控制柜设计的事前准备
 - 5.1 收集控制柜设计所需信息
 - 5.2 控制柜设计流程
 - 5.3 把握设备的电磁环境适应性
 6. 控制柜设计方法
 - 6.1 制作设备接线图和探讨配线路径
 - 6.2 控制柜的分离和接地方法
 - 6.3 控制柜设计
 7. 对策部材
 - 7.1 铁氧体磁芯/非晶铁芯
 - 7.2 屏蔽电缆
 - 7.3 EMC 噪声滤波器
 - 7.4 绝缘式变压器/噪音抑制变压器
 - 7.5 雷击浪涌保护器
 8. EMC 对策小结
 9. 推荐配置图
 10. 参考文献
- 附录 对策部材列表

1. 安全相关警告/注意事项

在产品的使用说明书及其附带资料中，包含与产品相关的警告/注意事项。设计、安装、操作、维护、检查之前，请先仔细阅读其所有内容，然后正确地使用产品。对于与安全相关的处理，请优先按照本指南的说明。设计、安装、操作、维护、检查作业需由专门的技术人员(接受过正确技术培训的人员或持有电气设备从业资格证的人员)进行。另外，本指南只是 EMC 对策的一般信息，如果有应符合的安全标准等，则需优先对应安全标准。

2. 前言

如果多个 FA 设备混放于同一控制柜内，会因设备间的噪声重叠而引发误动作等，为了防止发生噪声问题，本指南对控制柜设计、设备的配置、配线、对策部材的插入位置等(电路设计除外)，以及跨控制柜的配线方法、接地方法等提出了建议。

根据产品和系统规模、接地环境等因素的差异，可能有部分噪声问题即使是本指南所提出的对策建议也无法解决，因此，本指南仅用作您考虑对策和进行设计时的参考信息。三菱电机不保证根据本指南的内容可以解决噪声问题。

各单体设备已经过确认，符合各国 EMC 标准。关于符合的标准，请通过各产品的手册资料等进行确认。在构建系统时，请在采取各单体设备要求的降噪对策后，进一步参照本指南的内容采取必要的措施。

对 EMC 标准的产品责任，由组装 FA 设备后将其作为产品销售给最终用户的生产厂商承担。请务必对最终产品进行合规确认。

3. EMC 及其规定

EMC 是(Electromagnetic Compatibility: 电磁环境适应性)的简称，指对噪声的适应能力。

EMC 可分为产品不对其它设备产生噪声的放射性/EMI (Electromagnetic Interference: 电磁干扰), 和产品不受其它设备噪声影响的抗扰性/EMS (Electromagnetic Susceptibility: 电磁敏感度)。

EMI 的请求事项需符合放射干扰、传导干扰及电源高谐波电流的规定值。

EMS 的请求事项需符合静电、放射噪声、传导噪声、电快速瞬变脉冲群、雷击浪涌、电源频率磁场、瞬时停电/电压暂降等的抗噪基准。

世界各国/各地区对 EMC 有不同的规定，最终用户所使用的产品需满足 EMI 及 EMS 的请求事项，产品才能推向市场。

三菱电机的 FA 设备已经过确认，在作为产品单体时，符合其各自产品的相应标准。关于对各国标准的符合信息和符合标准所需的处理措施，请通过各产品的使用说明书和技术资料进行确认。

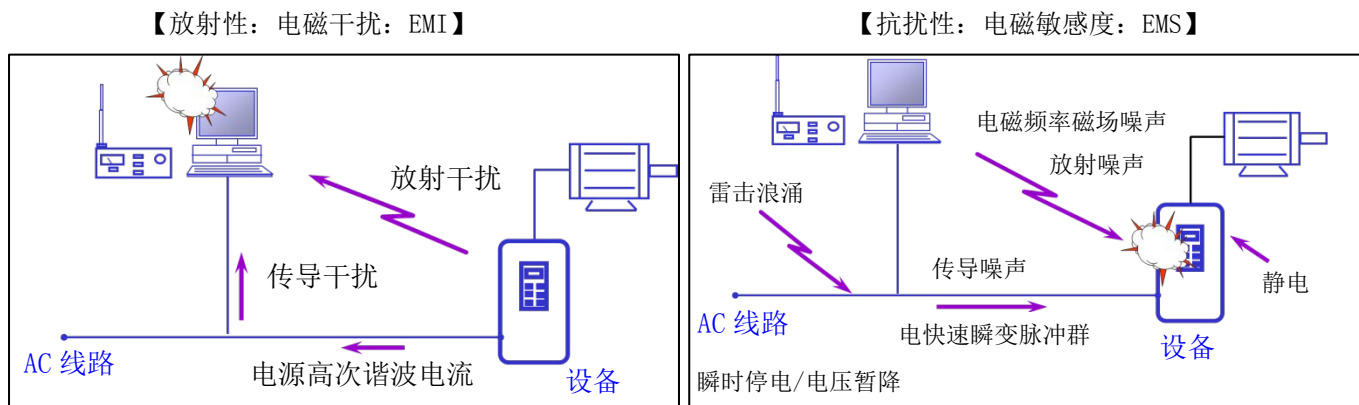


图 1. EMC 概念图

4. 噪声种类和传播途径

4.1 噪声的种类

噪声的种类可大致分为“常态噪声”和“共态噪声”两种。图2以信号线为例，说明了常态噪声和共态噪声的区别。

“常态噪声”是指在信号和电源线之间发生的噪声，噪声电流的路径与信号的路径相同。

“共态噪声”是指在大地和信号线及电源线之间发生的噪声，噪声电流沿与信号不同的路径流动，通过大地返回噪声源。共态噪声是由于电感和电阻不平衡而导致的。一般情况下，相对于常态噪声，共态噪声对其它设备的噪声影响更大，因此防止共态噪声也相对地更重要。

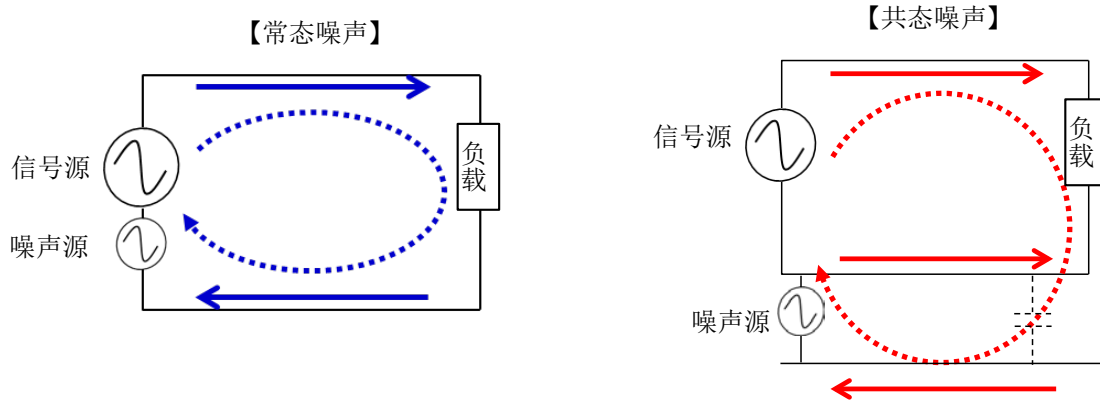


图2. 常态噪声和共态噪声

4.2 噪声传播途径

4.2.1 一般的噪声传播途径

噪声传播途径分为3种。

- 1) “传导噪声”：经由电源线和信号线、接地线传播。配线时共用电源，或者信号线相互连接，导致噪声沿电缆传播。
- 2) “感应噪声”：噪声电流经过的电缆和与其并行铺设的电缆间因串音而发生噪声重叠。特别是控制电缆/信号电缆等与驱动系统设备的电源输入输出线等一起铺设时，噪声可能会重叠。分为电容耦合引起的“静电感应噪声”和电磁场耦合引起的“电磁感应噪声”两种。
- 3) “放射噪声”：噪声变为电磁波从电缆中发出，放射到其它设备。以电缆和电路板上的图面等为天线向周围发散。受到噪声时也相同，以电缆和图面等作为天线接收噪声。

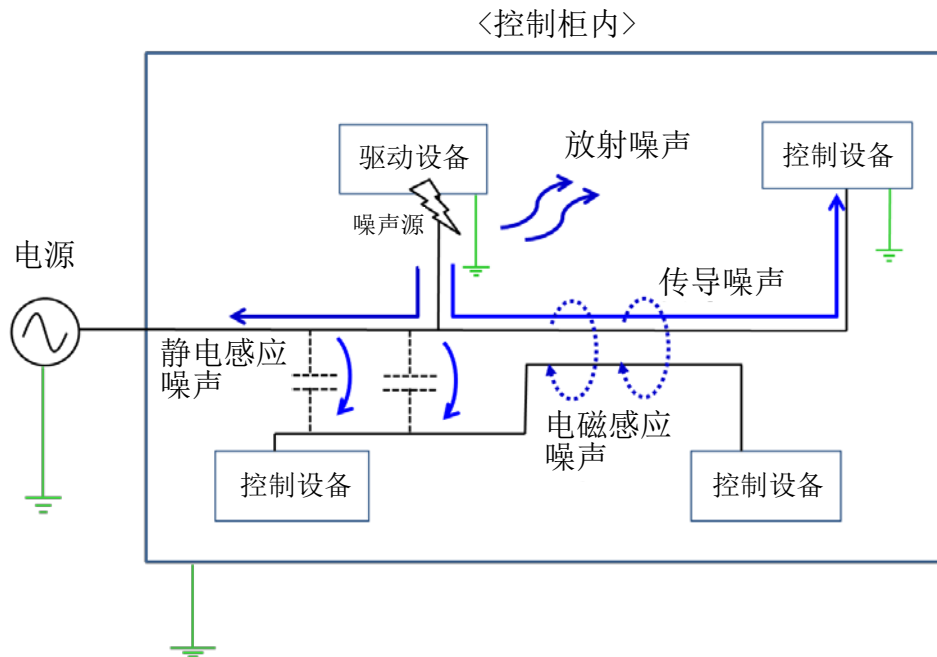


图 3. 噪声传播途径

4.2.2 驱动系统设备的噪声传播途径

驱动系统设备通过 IGBT 等的开关元件切换高电压和大电流，因此会发生较大的噪声。图 4 表示变频器系统的噪声传播途径，请参考。

在带变频电路的驱动系统中，噪声通过电机线圈间容量和机壳对地间的浮游容量流入大地，形成较大的环路，发生较大的共态噪声。

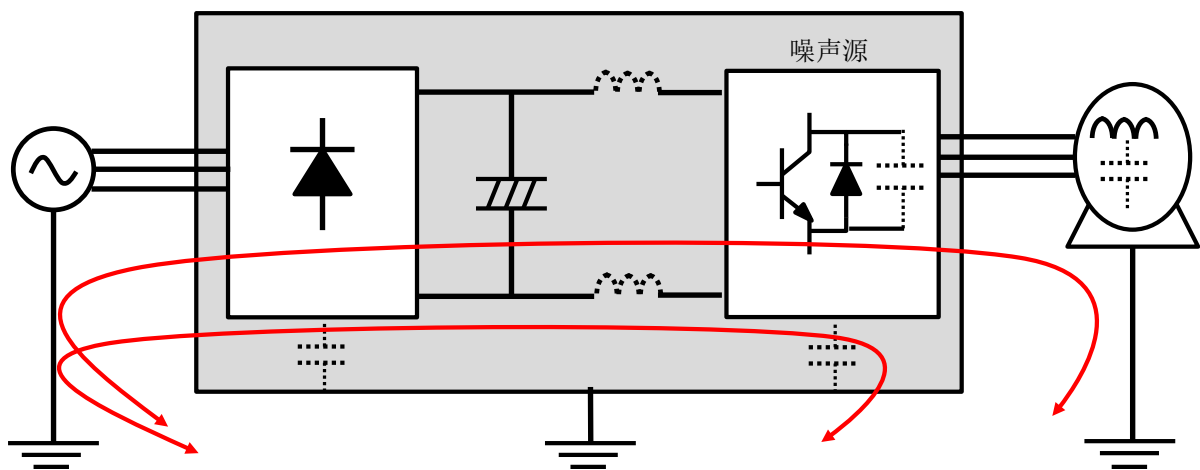


图 4. 带变频电路的驱动系统的噪声传播途径

4.3 EMC 基本对策

主要的基本对策分类如下。

- ① 远离因设备配置、电缆配线的配置而引起的噪声源、传播途径
- ② 通过金属机壳、屏蔽电缆等进行遮蔽
- ③ 确保接地时的噪声返回路径，通过降低共通接地面的电阻使接地稳定
- ④ 通过 EMC 噪声滤波器、绝缘式变压器切断噪声传播途径

表 1. 为主要的对策方法及其对应章节编号，表 2 为对策部材的对应章节编号。

表 1. 主要的降噪对策

对策位置	主要对策方法	章节编号	
控制柜	<ul style="list-style-type: none"> · 使用金属机壳 · 金属机壳的接合部(顶板、侧板等)方法 · 柜门的处理/开口部的处理 · 柜内遮蔽方法 	6.3	
电缆连接端口	电缆共通	配线、配置方法	6.1
	信号、控制、I/O 电缆	屏蔽电缆的接地方法	6.2.2
	接地	<ul style="list-style-type: none"> · 接地线的连接方法 · 电机的接地方法 	6.2.1 6.2.3
	电源电缆	<ul style="list-style-type: none"> · 屏蔽电缆/金属配管的使用方法 · 屏蔽电缆接地方法 	6.1

表 2. 降噪对策部材

对策部材	部材名称	章节编号
对策部材 (滤波器、铁芯等)	<铁氧体磁芯/非晶铁芯> 插入位置、方法、特性等	7.1
	<线噪声滤波器>: FR-BLF/FR-BSF01 插入方法、效果	7.3
	<无线电噪声滤波器>: FR-BIF 插入方法、效果	
	<EMC 噪声滤波器> 插入位置、设置方法	
	<绝缘式变压器> 插入位置	7.4
	<雷击浪涌保护器> 放射性对策用 插入位置	7.5

5. 控制柜设计的事前准备

FA 设备必然对 EMC 有所影响。为了有效地确保 EMC 性能，需在控制柜设计时充分探讨 EMC 对策并在控制柜中采取相应措施。此外，为了防止触电，请按照国家或地方的安全规定和电气规范要求实施接地。

5.1 收集控制柜设计所需信息

在进行控制柜设计时，需事前明确该控制柜计划在什么样的环境下使用。需根据此信息，决定对 EMC 的柜设计方针、基准，这一点非常重要。

所需信息分为 3 大类。

- ① 顾客要求/限制信息：在实施 EMC 对策时，有无对策部材和可否屏蔽接地等会影响到柜设计。需考虑好控制柜的尺寸和对策方法等。

- ② 使用环境信息：可根据控制柜的使用环境，决定周边的噪声环境和抗噪基准。根据使用环境，可能会出现无法充分接地的情况，但必须按照国家或地方的安全规定和电气规范要求实施接地。另外，如果要在安全相关设备或者社会公共性高的设备上使用，需符合更高的 EMC(电磁环境适应性) 标准。
- ③ 使用设备信息：电路设计时，在选定满足必要规格的设备后，需要考虑的重要因素就是设备的电磁环境适应性。
- 可根据各设备的电磁环境适应性，判断是否需要追加降噪对策。在判断为需要追加降噪对策时，则需了解生产厂商所提供的对策方法信息。

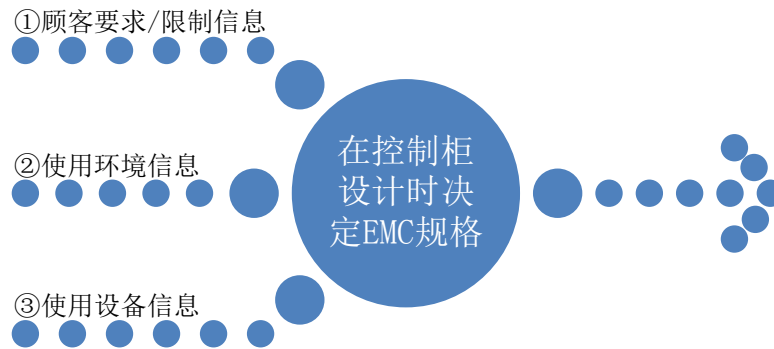


图 5. 控制柜设计时的信息收集

表 3. 控制柜设计时的事前信息收集列表

① 顾客要求/限制信息		
控制柜的大小	柜内寸	影响到设备大小和对策部材的选择
成本	柜、设备的费用	影响到对策部材费用等对策内容
规格	防水规格，热规格等	影响到控制柜的材质、开口部的处理等
② 使用环境信息		
噪声环境	工业环境、商业环境、居住环境	不同市场环境的 EMC 要求等级不同，影响到对策方法等。FA 产品不适合于居住环境，敬请注意
使用产品	机床、工厂设备、船舶、铁道、建筑设备等	有接地和特殊要求事项(紧急无线电频段管制)等，因此影响到对策方法
安全性的考虑	安全相关设备，公共性高的设备	对于安全相关设备，公共性高的设备，EMC 要求等级更高，因此影响到对策方法
③ 使用设备信息		
设备列表	所用设备列表	确认设备大小和电磁环境适应性
电磁环境适应性	EMC 适应标准等	确认电磁环境适应性
推荐对策方法	生产厂商推荐的对策信息	在需采取降噪对策时，了解生产厂商所推荐的方法

5.2 控制柜设计流程

了解控制柜设计所需信息后，按照图 6. 的控制柜设计流程进行设计。

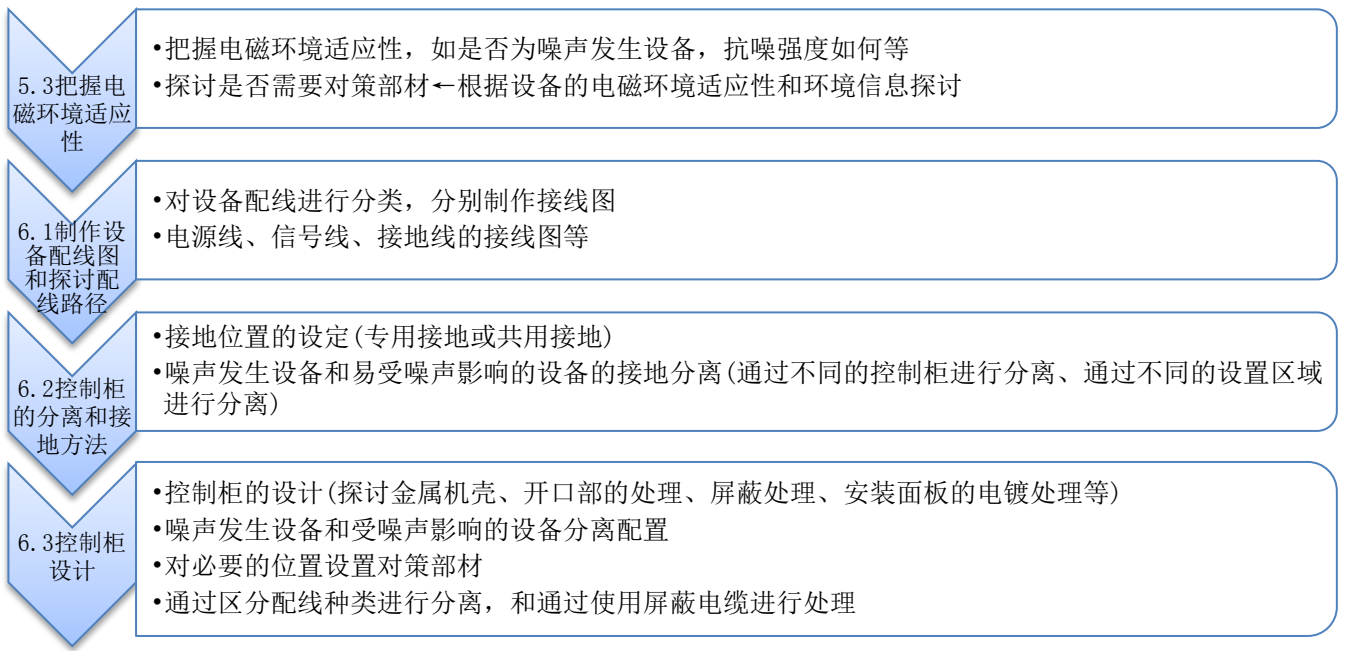


图 6. 控制柜设计流程

5.3 把握设备的电磁环境适应性

柜内所用设备的电磁环境适应性因设备种类而异。一般情况下，电力设备、驱动系统设备属于会发生较大噪声的设备 (噪声发生设备)，控制系统设备、传感器类属于容易受到噪声影响的设备。要把握设备的电磁环境适应性，请通过各设备的手册，确认与各设备相对应的 EMC 标准等级。

各设备手册中，有符合 EMC 标准所需的推荐对策部材的信息描述，在选择设备时请参考这些信息 (电磁环境适应性高的设备，虽然成本较高，但考虑到 EMC 对策费用，可能在整体上价格比较低，并且省空间)。

进行控制柜设计时，请将作为噪声源的驱动系统设备和容易受到噪声影响的控制系统设备分开置于不同控制柜中。

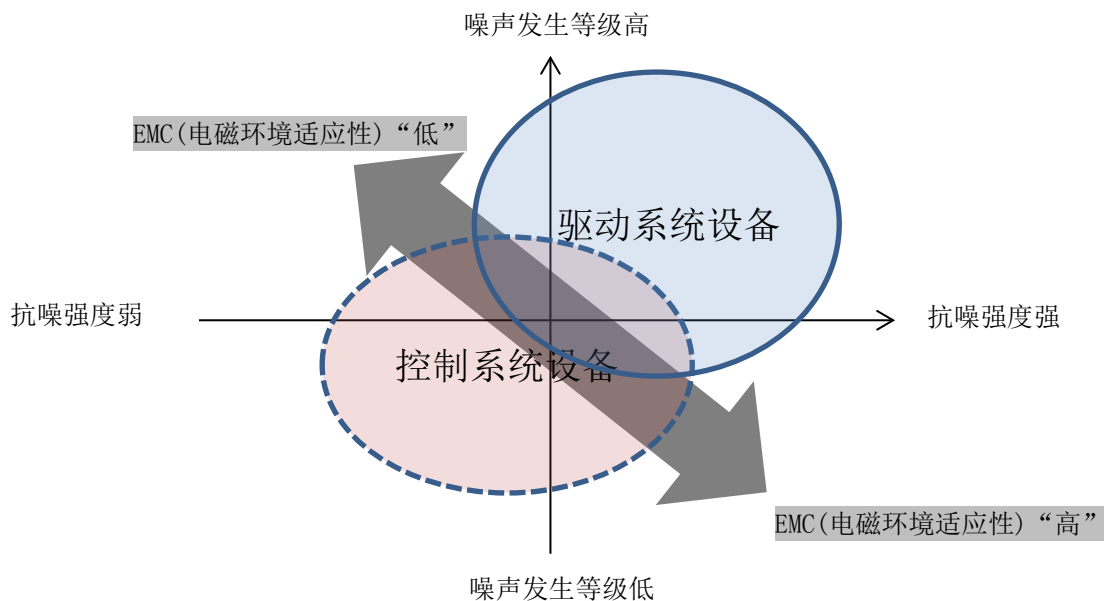


图 7. 设备的电磁环境适应性

6. 控制柜设计方法

6.1 制作设备接线图和探讨配线路径

6.1.1 制作设备接线图

控制柜中的电缆是一种重要的噪声传播途径。在构建系统时，可采取对传播到电源电缆和通信电缆的噪声有较高抑制效果的方法，推荐的构成和对策方法如表 4 所示。

1) 按照电缆的功能分类

表 4. 电缆的功能分类

功能分类	特征	降噪对策
电源输入电缆/ 电机输出电缆 (驱动系统设备)	开关噪声重叠。在数 kHz~数十 MHz 频段范围内。	· 输入侧使用 EMC 噪声滤波器，输出侧使用屏蔽电缆可有效减少噪声的影响。 · 驱动系统设备的输入输出电缆与控制系统电源电缆和信号、控制电缆分离，可有效减少噪声的影响。
电源输入电缆 (控制系统设备)	控制系统电源电缆的电源噪声重叠。	· 使用滤波器、铁氧体磁芯/非晶铁芯，可有效减少噪声的影响。 · 使用 DC 电源时，可通过使用双扭电缆，抵消常态噪声。
控制、信号、 I/O 电缆	设备之间的连接电缆。传感器类和模拟信号等会受到通过电缆传播的噪声的影响。	可通过双绞电缆抵消常态噪声。可通过使用差动信号和光缆，提高抗噪强度。 使用屏蔽电缆可有效减少噪声的影响。
通信电缆	通信的时钟频率和高谐波部分重叠。	使用屏蔽电缆可有效减少放射噪声的影响，使用铁氧体磁芯可有效减少噪声的影响。
接地线	将设备的接地连接到接地棒的电缆或从控制柜连接到建筑物/工接地点的电缆。有常态噪声流经此线。	推荐专用接地(专用接地>共用接地)。请勿进行共通接地。必须与噪声源设备的接地棒、与电缆分离。

2) 需根据电缆的功能分类制作接线图，在噪声源设备和受噪声设备的接线中，需插入滤波器类产品，使电缆类、接地分离。

6.1.2 探讨配线路径

在探讨配线路径时，需注意以下事项。

- 配线时请将相同系统(电源输入输出系统、信号/控制系统)的线捆扎起来，缩短配线(请勿通过弯折电缆等使接线距离最短)
- 长度多余部分的电缆会将噪声传播到其它电缆和设备，因此请将线长调整到需要的最短长度。

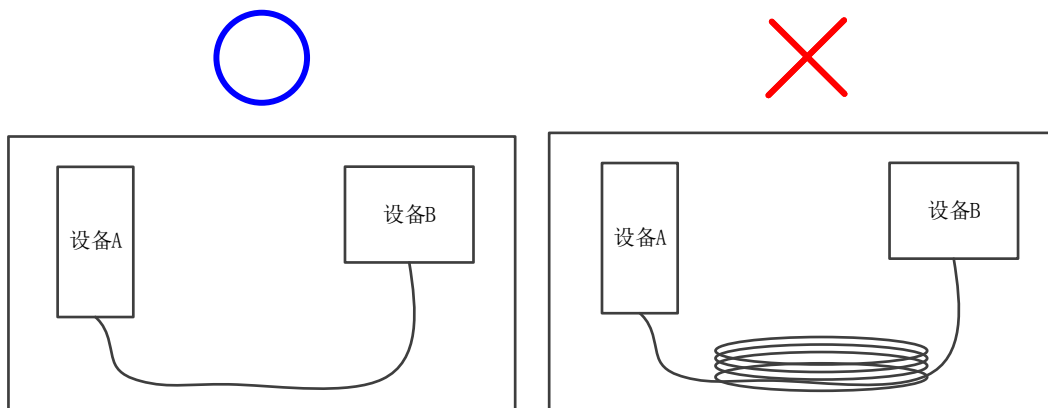
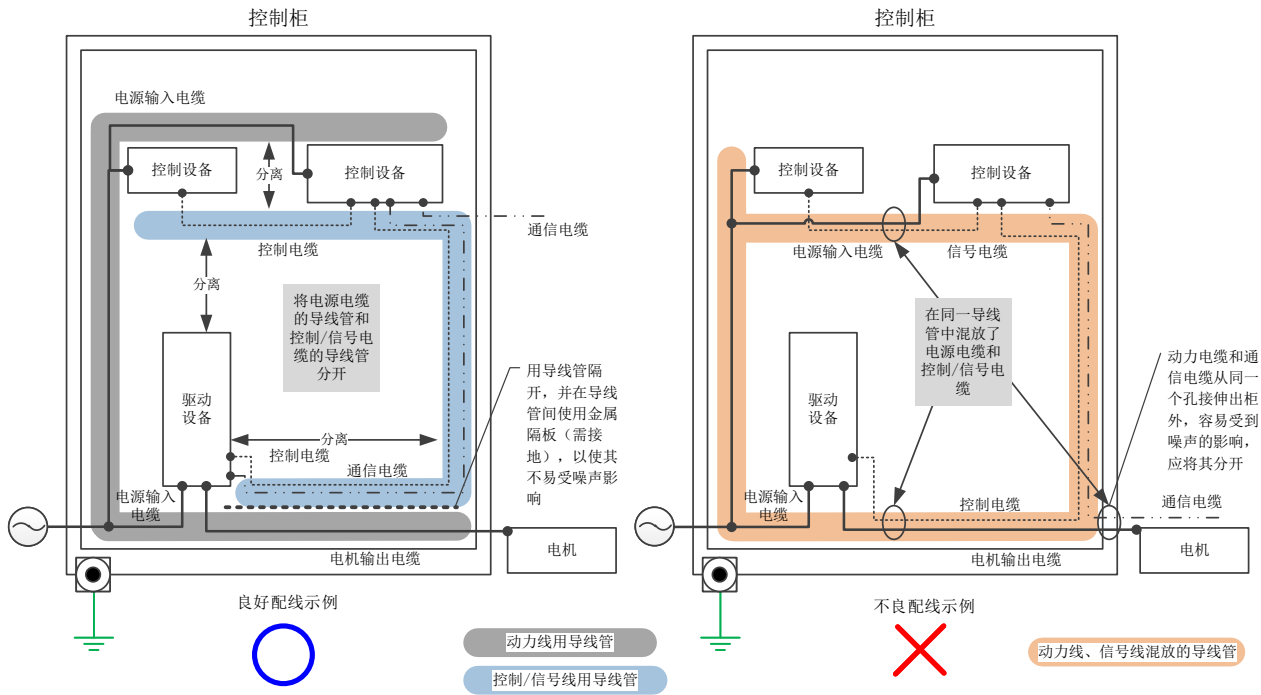


图 8. 电缆长度多余部分的处理

- 驱动系统设备的电源输入输出系统电缆的噪声较大，因此，请将其与控制系统设备的电源输入电缆和控制线、信号线隔开距离，请勿并行配线。否则噪声会因电容耦合、电感耦合而从驱动系统设备的电源输入输出电缆回流。如果不得不并行配线，请使用导线管将其电缆与其它系统的电缆分离，垂直交叉，将因串音导致的感应噪声重叠控制到最小限度。
- 控制线/信号线的配线伸出柜外时，请使用屏蔽线。
- 控制线/信号线的屏蔽线末端处理请参照 6.2.2。



配线时，建议使柜内的动力线和通信/信号/控制电缆之间隔开300mm以上的距离。如果由于配线不方便，需要接近、并行配线，则可使用导线管将其隔开，并在导线管间使用金属隔板（需接地），以使其不易受噪声影响。隔板需在控制柜接地。

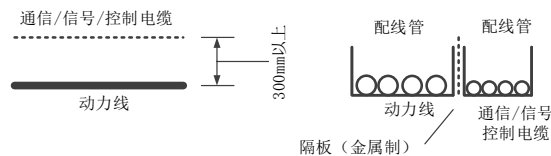


图 9. 电缆配线示例

6.2 控制柜的分离和接地方法

请将控制系统设备和驱动系统设备分别设置在不同的控制柜中。在降噪对策中，将控制柜分离是效果最好的方法。

因设置场所的限制等，不得不将控制系统设备和驱动系统设备混放于同一控制柜中时，可能会造成相互噪声，因此，请参照 6.2.1 的 2) 进行接地。

接地是降噪对策中最重要项目。请尽可能采用建议的方法进行接地。

6.2.1 设备的接地方法

1) 柜间接地

- 请分开准备控制系统设备用控制柜和驱动系统设备用控制柜，设备的接地方法请采用专用接地。如果难以实施专用接地，请采用共用接地的方法进行连接。

因为共通阻抗会对设备间造成影响，因此不能使用共通接地。

例如，将变频器和可编程控制器进行共通接地时，来自变频器的噪声电流会流经共通阻抗，可能会导致可编程控制器的接地电位发生变动，造成误动作。

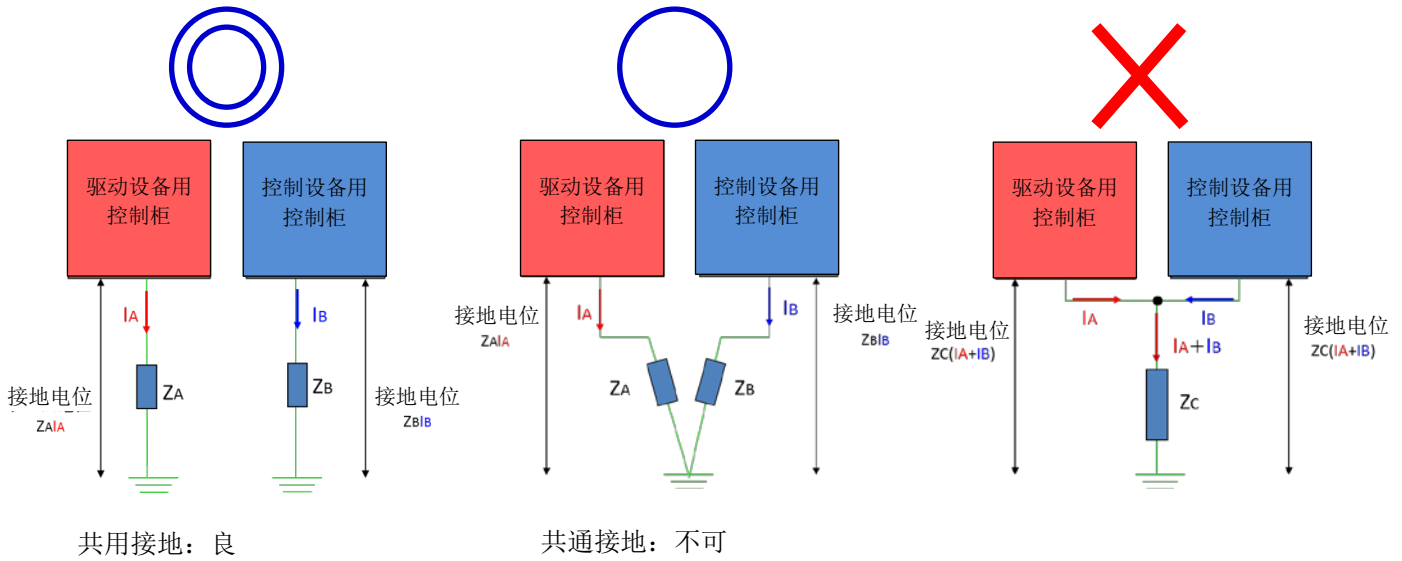


图 10. 接地方法

2) 控制系统设备和驱动系统设备混放时的柜内接地(参照图 11)

- 驱动系统设备的噪声可能会回流到控制系统设备，因此请在驱动系统设备的电源侧设置 EMC 噪声滤波器等对策部材。通过设置 EMC 噪声滤波器，可减少从驱动系统设备回流到控制系统设备的噪声。
- 请将驱动系统设备用、控制系统设备用接地分别连接专用的接地棒，使其与接地棒形成共用接地。对接地棒进行配线时，使其与柜接地形成共用接地。
- 难以安装专用接地棒时，请在安装面板内将驱动系统设备和控制系统设备的安装区域分开，使设备的接地线以最短的电缆距离连接到安装面板。驱动系统设备的安装区域应接近柜接地。

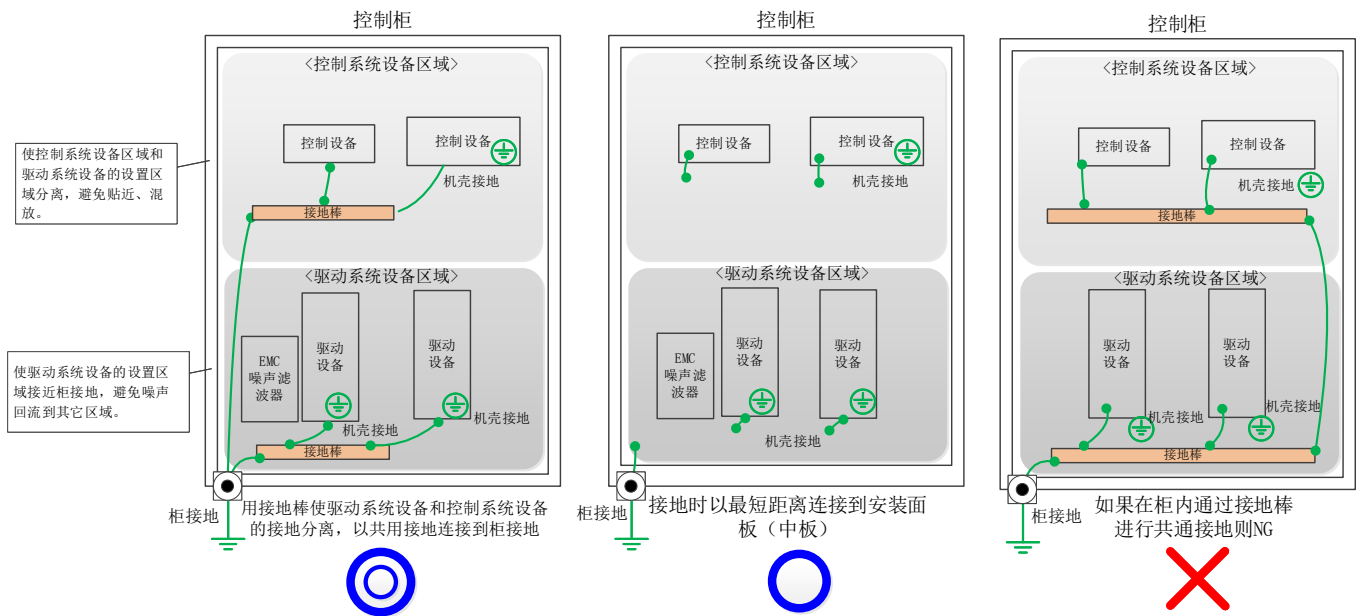


图 11. 驱动系统设备、控制系统设备混放于同一控制柜时的柜内接地示例

3) 接地线

- 请使用较粗的接地线：便于降低阻抗，将噪声隔离在柜内。
- 请使用较短的接地线：尽量缩短线长。可抑制接地线本身的不必要辐射和来自其它电缆的串音。关于接地线的粗细/长度，请参照各产品的手册进行选择。

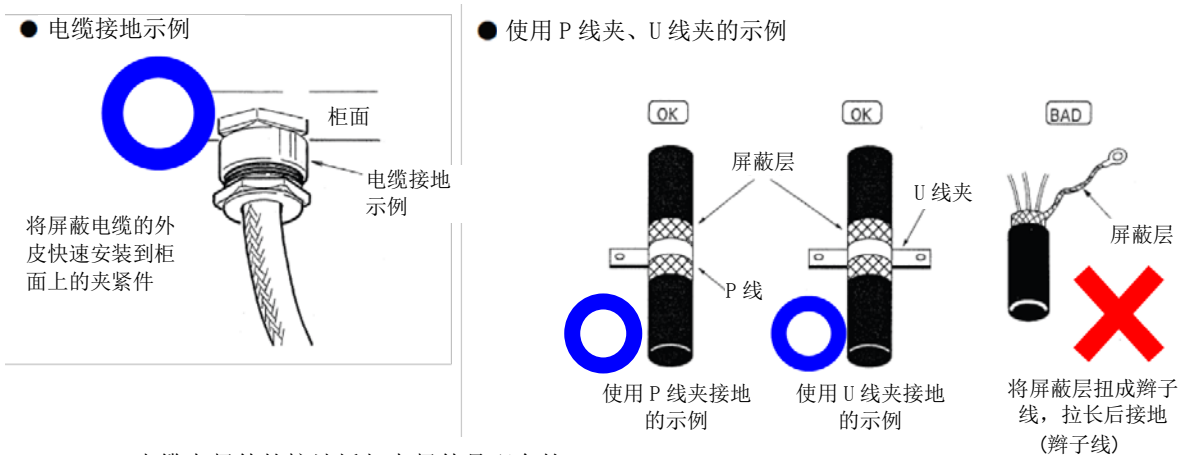
6.2.2 屏蔽电缆的接地

使用屏蔽电缆可有效减少放射噪声。对于流经芯线的共态电流，屏蔽层内侧的共态电流反向流动，相互抵消，从而抑制泄露到屏蔽层外侧的共态电流。

但使用屏蔽电缆可能会导致浮游电容增大，传导噪声增加，因此需在驱动系统设备的电源侧设置滤波器，使传导噪声返回驱动系统设备侧。

1) 屏蔽电缆的线夹安装方法

- 进行屏蔽电缆的接地时，请使用 P 线夹和 U 线夹、夹紧件等，在屏蔽电缆的面相互接触。由于趋肤效应，高频噪声仅在表面流动，因此使用可在更广的面上接地的夹紧件等更有效。
- 使用辫子线(Pigtail)时，与使用线夹和夹紧件相比，表皮面积较小，因此高频噪声难以通过。用辫子线来连接端子时，建议另外再使用夹紧件等进行连接。



电缆夹紧件的接地板与夹紧件是配套的。

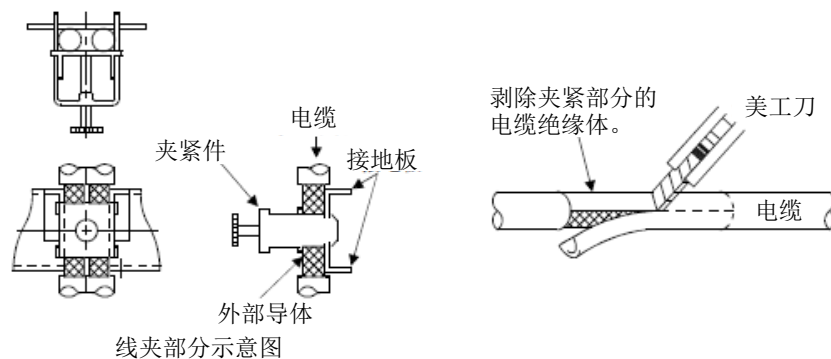


图 12. 屏蔽电缆的终端处理方法

2) 信号、控制、I/O 电缆类、通信线的接地方法

- 对信号、控制、I/O 电缆，通信线的连接器、端子台进行配线时，请按照产品手册所述的方法进行连接。

- 跨控制柜进行连接时，请务必使用屏蔽电缆，在控制设备柜、驱动设备柜的两端接地。但因各电柜的接地阻抗等不同而产生柜间电位差时，为了防止因电位差导致噪声电流回流到控制信号线/通信线等中，请在控制设备柜侧，在控制设备附近用夹紧件等进行电缆的屏蔽接地。
- 对同一柜内的屏蔽电缆进行接地时，请在控制系统设备及驱动系统设备附近，用线夹和夹紧件对电柜进行两端接地。难以进行两端接地时，请在控制系统设备侧进行单端接地。如果在驱动系统设备侧进行单端接地，则达不到屏蔽电缆接地的效果，驱动系统设备的噪声可能会回流到控制系统设备中。
- 请勿将连接变频器公共端子 (SD, SE, 5) 控制线的屏蔽电缆以线夹接地连接到控制柜。

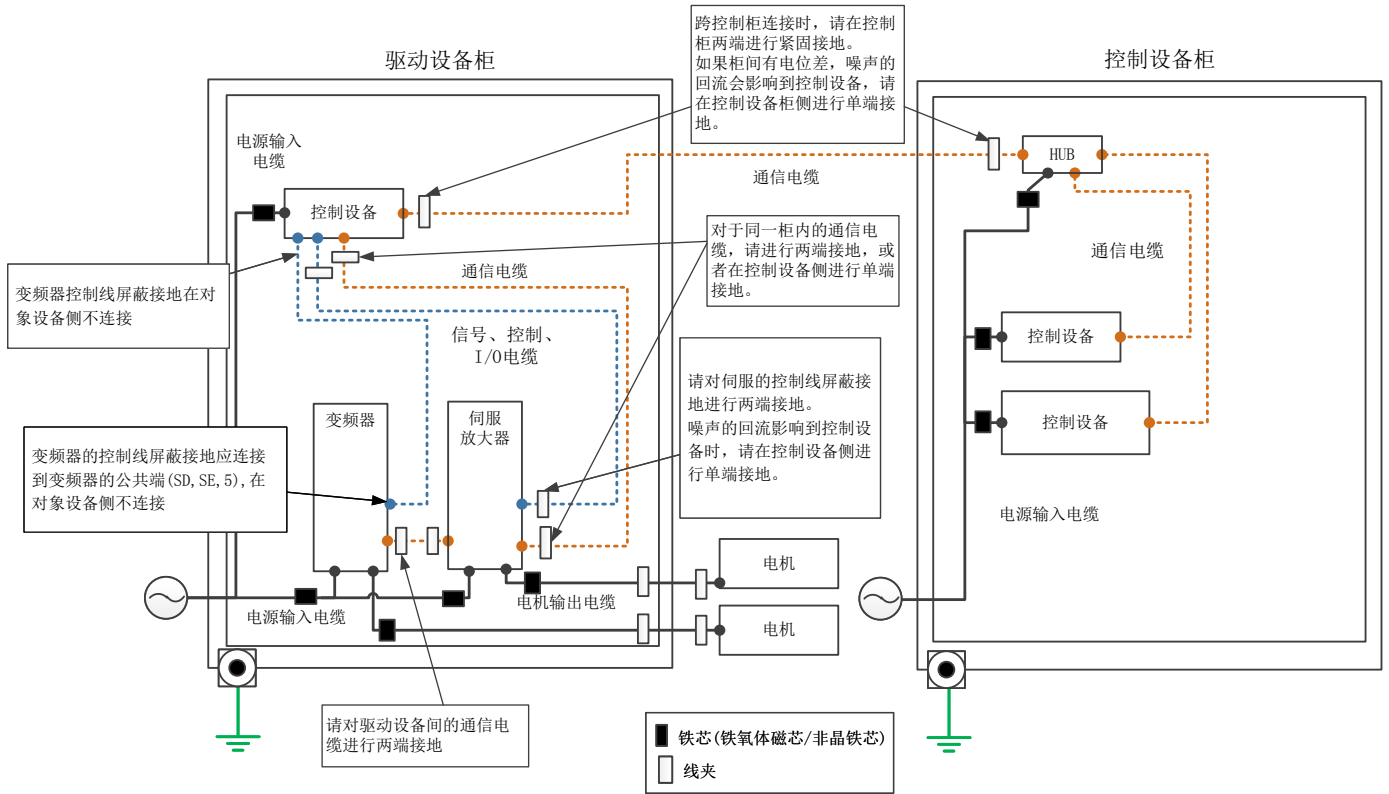


图 13. 信号、控制、I/O 用屏蔽电缆、通信电缆的接地方法

- 因控制系统设备接地和驱动系统设备接地的电位差而产生/传播的共态噪声
对于信号、控制、I/O 用屏蔽电缆，建议在控制设备侧进行接地。
根据图 14，有驱动系统设备接地和控制系统设备接地时，驱动系统设备接地会传播驱动系统设备所产生的共态噪声，因此相对于基准 GND，其电位变高。
所以在驱动系统设备侧对信号、控制、I/O、通信用屏蔽电缆进行接地时，接地部分电位变高，因与控制系统设备侧的电位差，噪声被传播到控制系统设备侧。

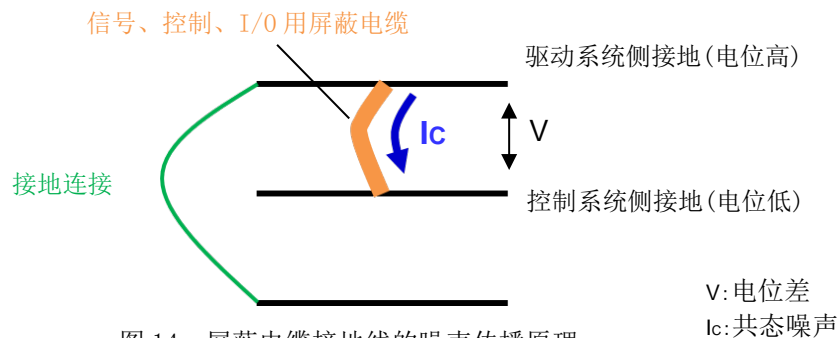


图 14. 屏蔽电缆接地线的噪声传播原理

v: 电位差
Ic: 共态噪声

3) 电机输出电缆的屏蔽电缆接地方法

- 电机输出电缆请使用屏蔽电缆和屏蔽罩，或者金属配管(导线管)。
- 请将屏蔽电缆的屏蔽部分连接到电缆的两端(驱动器模块侧：控制柜/电机侧：电机端子箱或接地端子)。
- 将屏蔽电缆的屏蔽部分扭成辫子线(将屏蔽层编织线扭成辫子线后拉长)后连接时，与使用线夹类/夹紧件的接地方法相比，噪声会恶化。
- 请对电机的输出线使用 4 芯屏蔽电缆，将其作为 1 根连续的接地线，在电机侧连接接地端子，在驱动器模块侧连接本体的接地端子。
- 请务必对电机侧进行接地。可有效减少噪声的影响。

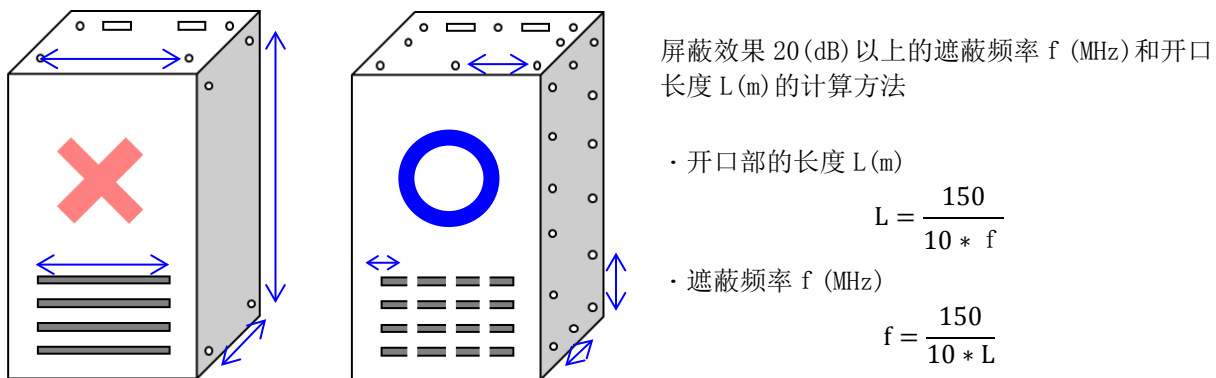
4) 检测器电缆的屏蔽电缆终端处理方法

- 连接驱动器模块和电机的检测器电缆的接地方法在矢量变频器和伺服上各不相同，敬请注意。
- 矢量变频器：在驱动器模块侧的单端进行线夹接地。
- 伺服：请对驱动器模块侧和电机侧的两端进行线夹接地。

6.3 控制柜设计

6.3.1 控制柜的种类

- 请使用金属制的控制柜。控制柜作为遮蔽物，关系到放射噪声的抑制和接地的稳定。
- 请确保焊接、用螺栓紧固的间隔不超过 100mm，使电柜的顶板、侧板接合部分没有缝隙。
(要获得 20dB 以上的遮蔽效果，开口长度必须在遮蔽频率波长的 1/20 以下。
参照图 15：开口长度 $L=100\text{mm}(0.1\text{m})$ 时，20dB 以上的遮蔽频率为 150MHz 以下)。
- 控制柜的安装面板(中板)需进行电镀处理，充分的进行设备接地。而且安装面板必须连接到柜接地。
- 从控制柜接出的电缆的导出孔必须按照各系统隔开一定距离。
- 控制柜分为一般用控制柜和 EMC 专用控制柜。EMC 专用控制柜有以下特征。
希望强化降噪对策时，使用 EMC 专用控制柜可有效减少噪声的影响(参照图 16)。
 - ① 机壳的屏蔽特性：无焊接间隙的密闭构造。对柜门安装了接地用平角线，使用了屏蔽垫片。
 - ② 开口部分的处理：为防止噪声从开口部漏出，使用冲孔金属板等进行了遮蔽。
 - ③ 对柜内进行了电镀处理，从设备发出的高频噪声容易发散到柜内。



按照 100mm 以下的间隔对所有开口部的长边(↔)的间隔)进行焊接或者用螺栓拧紧, 可将 150kHz 以下的噪声遮蔽 20dB 以上。

图 15. 对开口部的处理

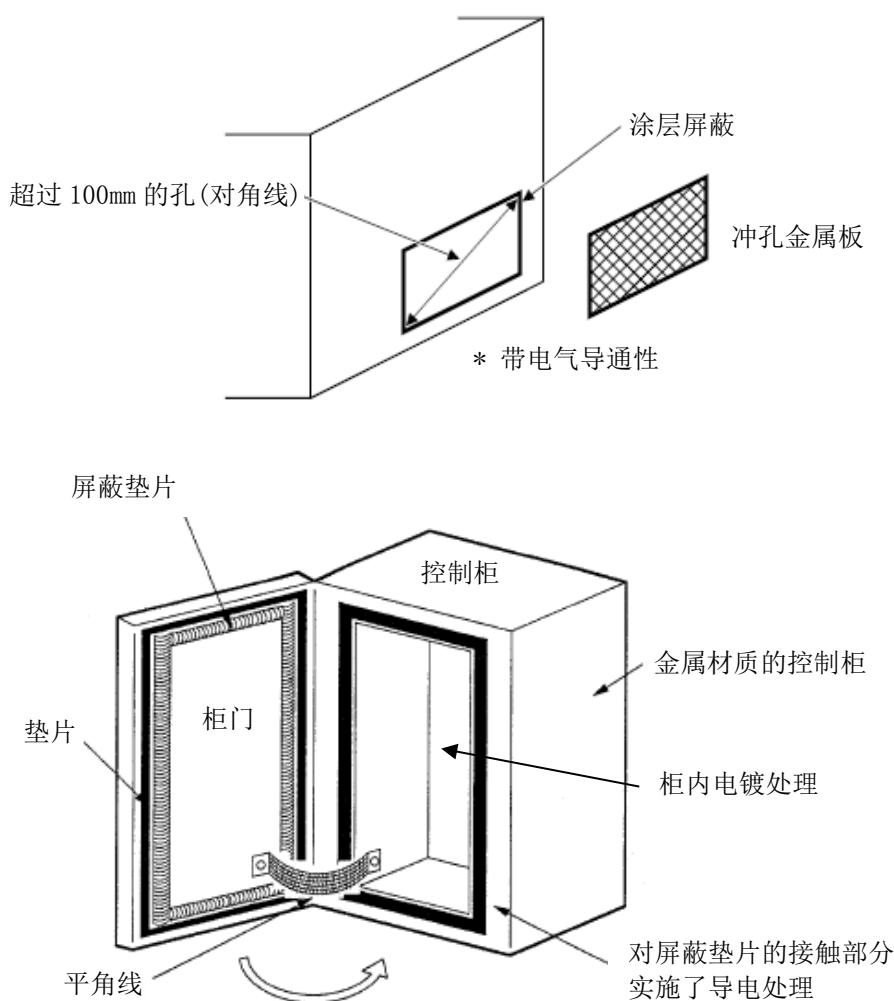


图 16. 实施了 EMC 对策的控制柜示例

6.3.2 控制柜的设备配置

在控制柜内配置设备时，请注意以下内容。

- 请注意考虑设备的电磁环境适应性和配线路径。
- 请尽量缩短配线距离，请勿将不同种类的电缆捆绑在一起。
- 请预留 EMC 噪声滤波器、线夹/夹紧件类、铁氧体磁芯/非晶铁芯的插入位置。
- 安装 EMC 噪声滤波器的位置需先通过喷涂进行屏蔽处理，或者通过电镀，使滤波器本身产生的高频噪声能够散出。（参照图 17）。
- 请用金属遮蔽板等将控制系统设备与驱动系统设备分离。
- 请用尽可能粗的电缆（建议：4.2mm² 以上）对控制柜本体进行较短的接地。

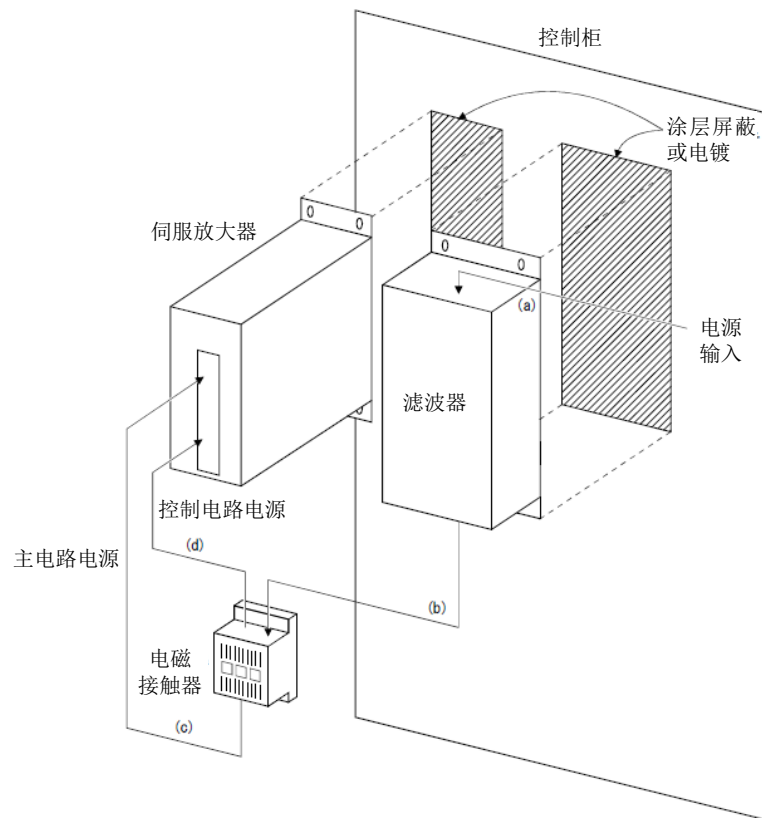


图 17. 向控制柜的设备安装方法

7. 对策部材

以下对一般噪声对策部材的使用方法进行说明(无推荐顺序优先级)。

请参照在附录中推荐使用的主要对策部材。

7.1 铁氧体磁芯/非晶铁芯

- 可通过追加电缆，根据铁氧体磁芯/非晶铁芯的磁性损失效应，将噪声转换为热，或者通过电感成分提高阻抗，减少噪声。
- 铁氧体磁芯/非晶铁芯的阻抗与圈数的平方成正比，可能的话请绕多圈(3~4圈)。但圈数过多可能会因线间电容容量导致铁氧体磁芯/非晶铁芯的高频阻抗减少，效果反而被消除，敬请注意。

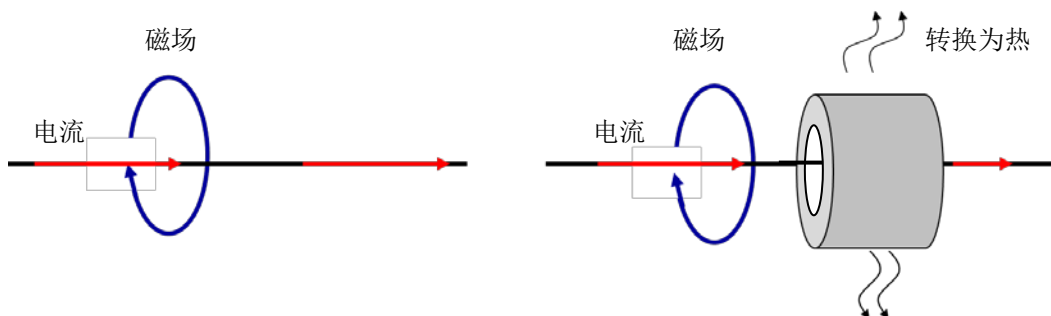


图 18. 铁氧体磁芯/非晶铁芯的特性

7.1.1 铁氧体磁芯/非晶铁芯的安装注意事项

铁氧体磁芯/非晶铁芯的安装方法因噪声种类(共态噪声、常态噪声)而异(图 19)。

噪声主要是共态噪声，因此对 L/N 统一(3 相时则包含 3 相)安装铁氧体磁芯/非晶铁芯，可有效减少噪声。

对于常态噪声，要将铁氧体磁芯/非晶铁芯安装到 L, N 线上时，请分开安装。此外，为减少常态噪声而向各线插入铁氧体磁芯/非晶铁芯时，可能会因电流引起磁饱和，敬请注意。发生磁饱和时，会因阻抗下降、发热、磁偏而出现噪声等。此时，请减少圈数或者更换使用更大的铁氧体磁芯、不容易发生磁饱和的非晶铁芯。

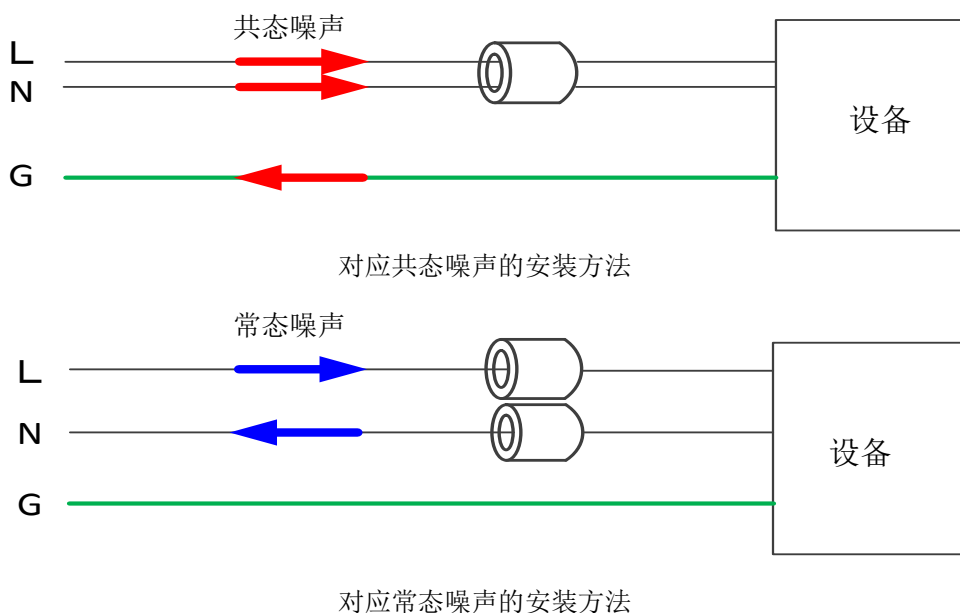


图 19. 铁氧体磁芯/非晶铁芯的有效安装方法

7.1.2 铁氧体磁芯/非晶铁芯的插入位置

- 1) 控制系统设备的电源输入电缆：可减少流经电缆的噪声。
- 2) 电机输出电缆：可减少流经电缆的噪声。

通过使用铁氧体磁芯/非晶铁芯，减少来自电机输出电缆的噪声，可减少因其它电缆(信号、控制、I/O 电缆等)而产生的电感噪声。

- 3) 信号、控制、I/O 电缆：插入铁氧体磁芯/非晶铁芯可减少噪声。

建议插入到电缆的两侧，但如果只能插入到电缆的单侧，请在接近控制系统设备的一侧插入。但根据电缆的种类和长度，可能会因插入铁氧体磁芯/非晶铁芯的插入而导致信号减弱，敬请注意。此外，使用通信电缆时，还可通过使通信速度保持到需要的最低水平来减少噪声。

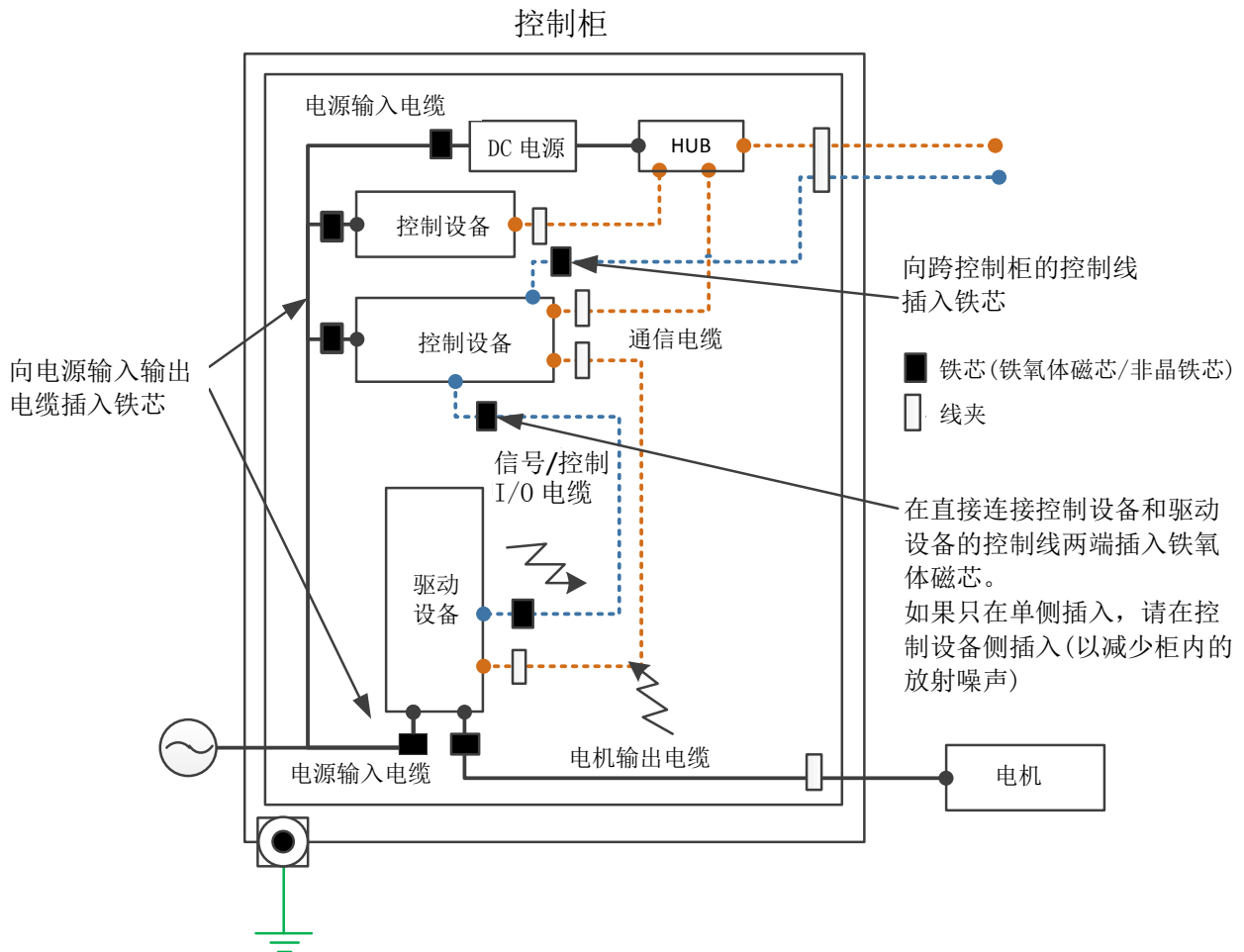


图 20. 铁氧体磁芯/非晶铁芯的插入位置

- 4) 线噪声滤波器：FR-BSF01，FR-BLF

三菱电机可提供作为铁氧体磁芯选配件的线噪声滤波器。此滤波器可有效减少电源输入电缆、电机电缆的噪声。

7.2 屏蔽电缆

屏蔽电缆是在电缆外层覆盖金属膜后的产品，分为金属编织线型和金属箔包覆型等。可有效遮蔽电缆的噪声放射，可作为共态电流的回流路径。

如果需要更有效的屏蔽，可使用双重屏蔽电缆。

屏蔽电缆的末端处理非常重要，请参照 6.2.2 进行处理。

7.3 EMC 噪声滤波器

- 多用于插入电源输入线，由电容器、共态扼流线圈、电阻等构成。
- EMC 噪声滤波器的效果：一般在 0.1MHz~10 数 MHz 频段内效果比较好。建议设置在驱动系统设备的输入侧，可减少驱动系统设备的噪声，减少向控制系统设备侧的噪声传播。
- EMC 噪声滤波器的选型：要将 EMC 噪声滤波器插入控制柜电源输入线的 1 个位置时，需考虑控制柜整体的设备电源容量，选择在规格容量上有余地的产品。如果 EMC 噪声滤波器的电源容量较小，内置于滤波器中的铁芯会发生磁饱和，使滤波器失去减少噪声的作用。
- 无线电噪声滤波器：三菱电机可以选配件的形式，提供电容型滤波器 FR-BIF。将其插入电源线路，可有效减少无线电频段(中波广播频段)的噪声。
- 根据配线和接地方法不同，EMC 噪声滤波器的效果也有很大差异，因此请按照以下推荐的方法进行设置。另外，设置 EMC 噪声滤波器后，漏电电流会增大。其相关处理请参照个别的产品手册。

请将 EMC 噪声滤波器的输入和输出分离。如果输入和输出电缆捆扎在一起，即使使用 EMC 噪声滤波器减少了噪声，来自输入侧的噪声也会影响到输出侧。

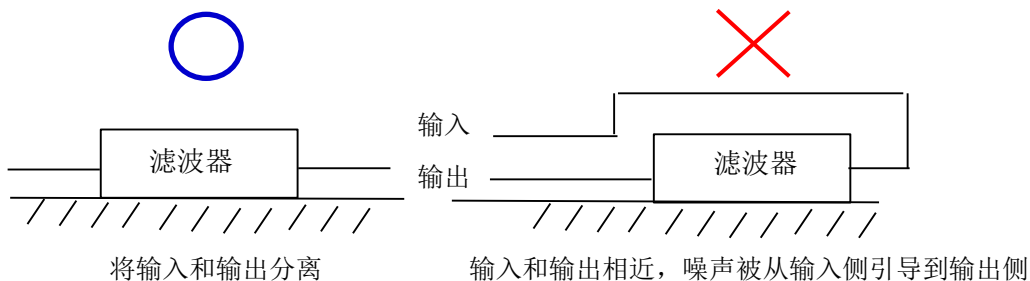


图 21. EMC 噪声滤波器的使用注意事项(1)

请用低阻抗进行 EMC 噪声滤波器的接地。
接地线在高频段产生阻抗，接地线较长时，阻抗也变大，因此无法获得 EMC 噪声滤波器的噪声衰减效果。
如果在机壳的面进行接地，则可更有效地减少噪声。

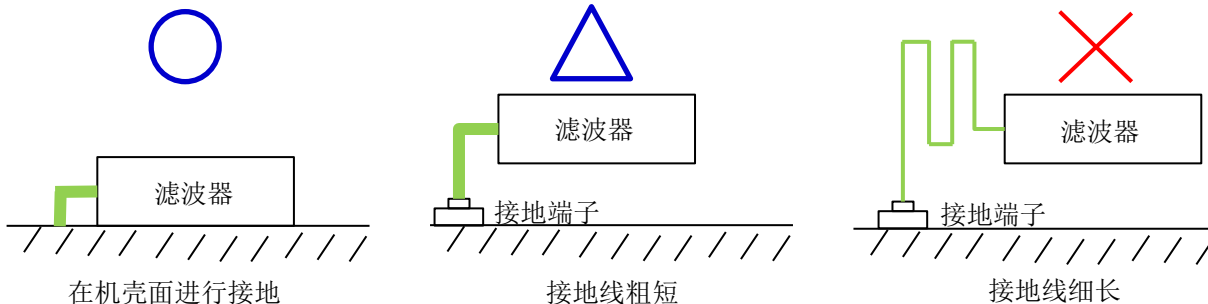
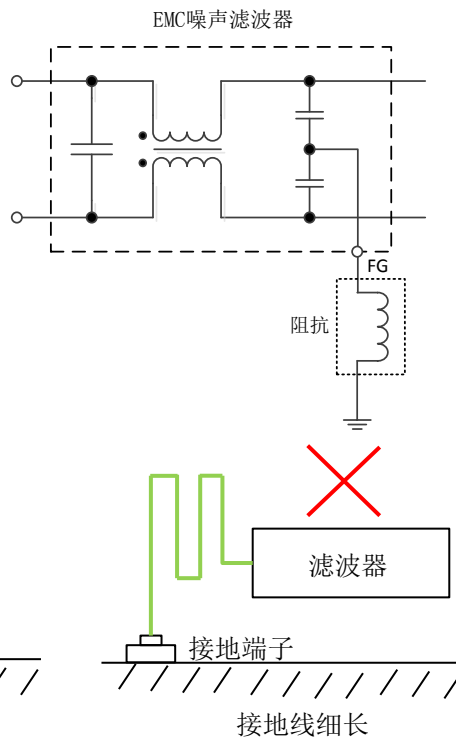


图 22. EMC 噪声滤波器的使用注意事项(2)

7.4 绝缘式变压器/噪音抑制变压器™ (噪音抑制变压器为电研精机研究所的商标)

- 请对控制系统设备的电源和驱动系统设备的电源使用绝缘式变压器或噪音抑制变压器，进行分离配线。
- 绝缘式变压器具有减少共态噪声的效果。噪音抑制变压器同时具有减少共态噪声和常态噪声的效果。
- 在控制系统设备的电源侧设置绝缘式变压器或噪音抑制变压器，与将其设置在驱动系统设备电源侧相比，容量更小且更经济。
- 但在驱动系统设备的噪声较大，对周边辅助设备的影响较大时，请对驱动系统设备的动力电源使用噪音抑制变压器，在噪声源侧切断噪声。

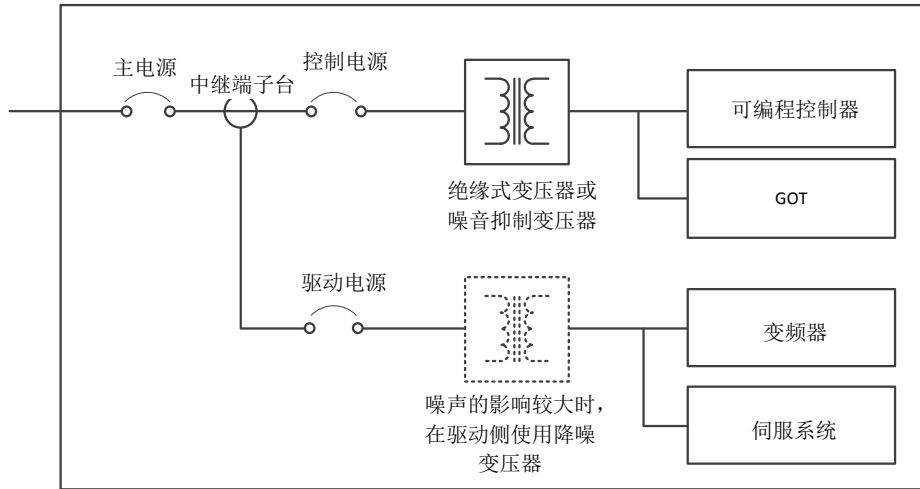


图 23. 绝缘式变压器、噪音抑制变压器的插入方法

7.5 雷击浪涌保护器(参考：抗噪强度对策)

- 作为雷击浪涌降噪对策，请将雷击浪涌保护器(浪涌吸收器)等连接到电源线上。
- 设备的接地和雷击浪涌吸收器的接地应分开连接。

如果将其接地连接在一起，进入到接地部的雷击浪涌可能会回流到设备中。

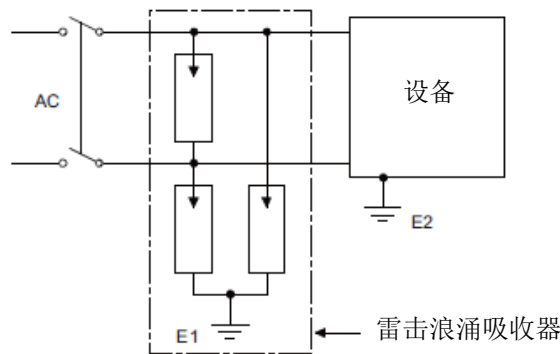


图 24. 雷击浪涌保护器的插入方法

8. EMC 对策小结

总结上述第 6 节和第 7 节中所述的 EMC 对策方法和效果，如表 6 所示。

表 6. EMC 对策方法和效果 [◎：效果好，○：有效果，△：效果不好，-：无效果]

对策位置	方法	对策效果			原理
		传导噪声	放射噪声	电感噪声	
控制柜	使用金属机壳	△	◎	○	通过金属屏蔽效应遮蔽电磁干扰波 如果要获得 20dB 以上的遮蔽效果，需使开口部和接合部的间隔为要遮蔽的频率波长的 1/20 以下。直径 φ100mm 时对最大 150MHz 的频率噪声有遮蔽效果
	建议金属机壳的接合部(顶板、侧板等)间隔为 100mm 以下				
	柜门使用屏蔽垫片				
	尽量缩短开口直径(建议 φ100mm 以下)				
	使用柜内的金属遮蔽板将设备分离				
接地	接地分为驱动系统接地和控制系统接地，不能使用专用接地时则使用共用接地	○	○	○	通过接地点分类，将控制用接地和驱动用接地分离
电缆共通	电源电缆和控制/信号电缆不可并行靠近或捆绑在一起(建议保持 300mm 以上的距离 min100mm)	◎	◎	◎	防止电缆间的串音导致电感性噪声
	屏蔽电缆的接地处理使用 P 线夹、U 线夹或电缆夹紧件	◎	◎	○	应对趋肤效应(1MHz 以上的高频电流仅在导体表面流动)的有效处理方法
	接地时线夹、夹紧件的安装位置应尽量接近控制柜开口部(建议距离 100mm 以内)	○	○	△	控制柜内配线时防止因 2 次放射造成的外部噪声重叠
电源输入端口	使用屏蔽电缆、屏蔽罩、金属配管遮蔽	○ ※1	◎	○	· 根据屏蔽效果遮蔽噪声 · 通过共态噪声回流减小接地环路面积
	电源系统的分离	◎	-	-	噪声传播路径分离的效果
	绝缘式变压器、噪音抑制变压器： 插入电源输入线可遮蔽噪声	○	△	-	通过变压器绝缘，切断接地环路，隔断噪声
	EMC 噪声滤波器： 插入电源输入线 选择各产品推荐使用的滤波器	◎	△	-	通过 LCR 滤波器减少因热而发生的噪声，使电源线发出的噪声返回产品的效果
	无线电噪声滤波器：FR-BIF 在电源输入侧的线间和线-接地线间插入电容器	○	○	-	消除因电容器导致的线间不平衡，使小接地环路对设备的噪声返回
电源输入输出端口	铁氧体磁芯/非晶铁芯： 将铁芯插入到电源的输入输出电缆离产品最近的位置。在共态下插入时，需注意磁饱和	○	○	△	噪声因铁芯的磁性损失效应而转换为热并衰减。在高频段的阻抗增大使流入的噪声衰减
	线噪声滤波器：FR-BLF/FR-BSF01 可插入到驱动系统设备的输入侧及输出侧。缠绕几圈时的防噪声效果也很好(建议缠绕 4 圈)	○	○	△	
信号、控制、I/O 电缆	在柜内进行控制线的配线。如果要在柜外配线，需使用屏蔽双绞电缆，将屏蔽电缆接地线连接到指定位置(SG, LG 等)	○	○	○	根据屏蔽效果遮蔽噪声 减少共态噪声回流的接地环路面积
	铁氧体磁芯/非晶铁芯： 将铁芯插入控制线、信号线 在尽可能靠近产品的位置插入 在连接控制系统设备和驱动系统设备的电缆两端插入铁芯时效果好 仅在单侧插入时，在控制设备侧插入时的效果更好	○	○	△	噪声因铁芯高频段的阻抗成分而转换为热并衰减
其它抗噪强度对策	雷击浪涌保护器： 插入后可减少电源输入电缆和开闭设备的雷击浪涌噪声	-	-	-	使用变阻器(※2)、避雷器(※3)等有目的地放电，使对设备的雷击浪涌噪声级别衰减

※1 仅限使用 EMC 噪声滤波器时。

※2 变阻器：在带有 2 个电极的电子元件上施加超过一定程度的电压，则电阻急剧下降。用作雷击浪涌保护的旁路。

※3 避雷器：也称为气体放电管，在有雷击浪涌等电压超过一定程度时，通过放电来保护设备。

9. 推荐配置图

1) 控制系统设备和驱动系统设备分开设置于不同控制柜时的推荐配线图如图 25 所示。

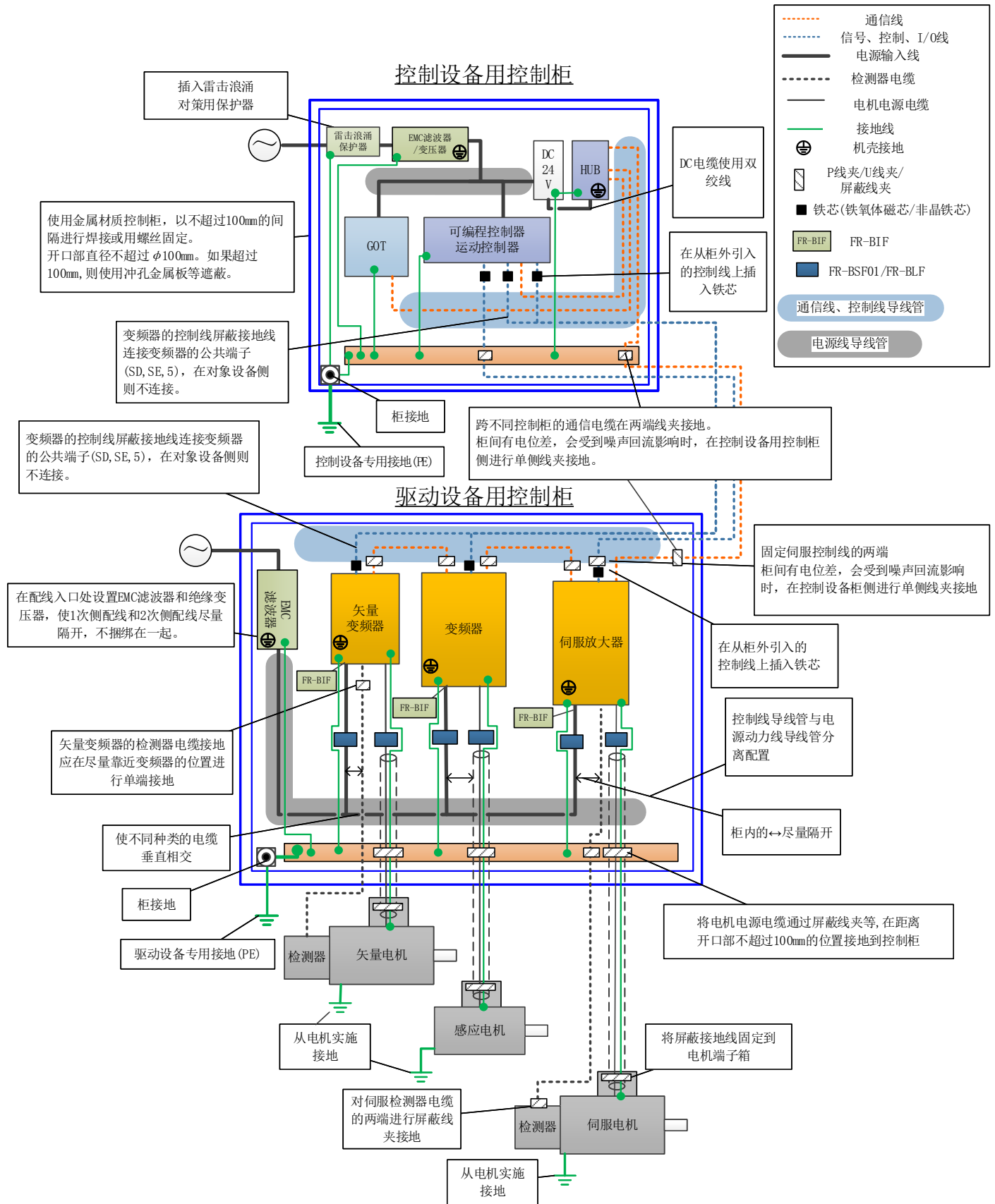


图 25. 推荐柜内配线图(使用专用柜分离配线)

2) 难以将控制柜分离，需要在同一柜内混放控制系统设备和驱动系统设备时，推荐柜内配线图(含配置、配线、对策部材、接地方法)如图 26 所示。

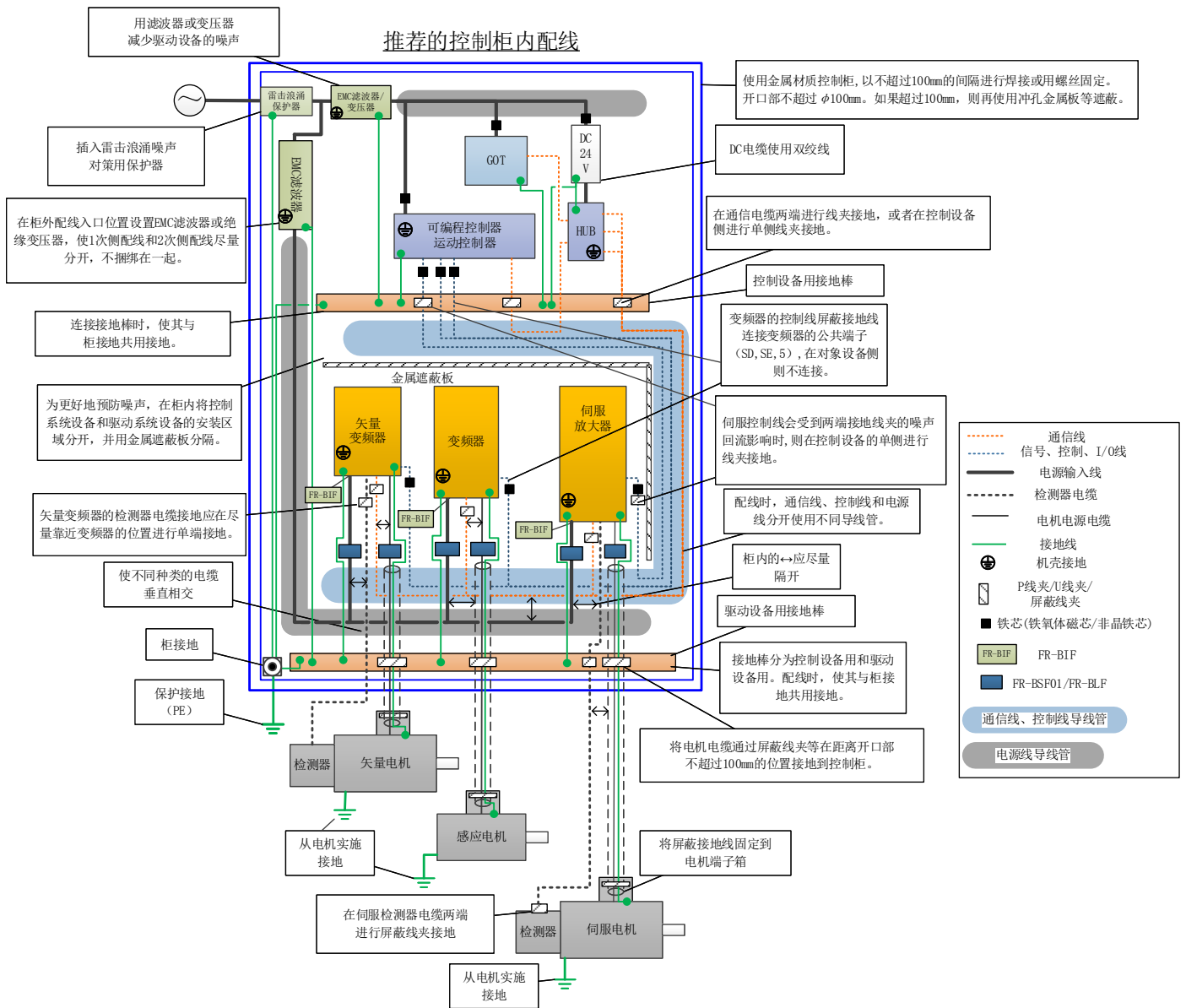


图 26. 推荐柜内配线图(控制设备-驱动设备混放的控制柜)

10. 参考文献 (※: 可从三菱电机 Factory Automation Web 网站获得)

- 三菱通用变频器 EMC Installation Guidelines ※
- 三菱通用AC伺服 EMC 设置指南 ※
- 三菱运动控制器 用户手册(Q 系列)※
- 三菱通用可编程控制器 MELSEC iQ-R 模块构成手册 ※
- 图形操作终端 GOT2000 系列 本体使用说明书(硬件篇) ※
- EMC 工学 实践降噪技法 HENRY W・OTT 著 东京电机大学出版社

附录

1. 三菱电机 FA 设备用噪声对策部材选件列表

附表 1. 噪声对策部材一览(三菱电机正规选件)

型号名*	产品名	种类	适用产品	备注
FR-BIF(-H)	无线电噪声滤波器	电容器型	变频器, 伺服	(-H)为 AC400V 规格
FR-BSF01	线噪声滤波器	铁氧体磁芯	变频器, 伺服, 机器人	AC200V、400V 共用
FR-BLF	线噪声滤波器	铁氧体磁芯	变频器, 伺服, 机器人	AC200V、400V 共用
SF 系列	噪声滤波器	噪声滤波器	变频器, 伺服	电源用滤波器
FR-E5NF 系列	噪声滤波器	噪声滤波器	变频器	
FR-S5NFSA 系列	噪声滤波器	噪声滤波器	变频器	单相用电源滤波器
FR-BFP2	噪声滤波器	滤波器组	变频器	集 DC 电抗器、零相电抗器、电容滤波器为一体的滤波器组
FR-ASF	浪涌电压抑制滤波器	EMC 噪声滤波器	变频器	插入 400V 系变频器输出侧的浪涌电压抑制滤波器
FR-BMF	浪涌电压抑制滤波器	EMC 噪声滤波器	变频器	插入 400V 系变频器输出侧的浪涌电压抑制滤波器
MT-BSL	正弦波滤波器	EMC 噪声滤波器	变频器	可通过在变频器输出侧安装滤波器, 使电机的电压、电流大致成正弦波
MT-BSC	正弦波滤波器	EMC 噪声滤波器	变频器	
AD75CK	电缆夹	夹紧件	可编程控制器, GOT, 运动控制器	屏蔽电缆固定用
AERSBAN-DSET	电缆夹	夹紧件	伺服, 可编程控制器	屏蔽电缆固定用
AERSBAN-ESET	电缆夹	夹紧件	伺服, 可编程控制器	屏蔽电缆固定用

*是三菱电机的产品型号名。

详细信息请通过各产品目录、使用说明书进行确认。

制作：2017 年 1 月 30 日